PUBLICATION 1391

# LES SOLS SOLONETZIQUES ET LEUR GESTION

Agriculture Canada

630.4
C212
P 1391
1969
(rev.)
1980
fr.
c.3

LIBRARY - BIBLIOTHÈQUE
Agriculture Canada
DEPARTMENTAL LIBRARY
BIBLIOTHÈQUE DU MINISTÈRE
ÉDIFICE SIR JOHN CARLING BLDG.
OTTAWA ONTARIO
K1A 0C5
LIBRARY - BIBLIOTHÈQUE

## UNE BONNE GESTION DU SOL PORTE FRUITS

Par de bonnes pratiques de gestion, il est facile de rendre productifs les sols solonetziques. Il faut tenir compte, surtout, du drainage superficiel, de la préparation du lit de semences, de la profondeur du semis, de l'emploi des cultures fourragères et de la fumure. Il peut arriver que les sols soient tellement affectés par la solonisation qu'ils ne puissent être productifs, même avec de bonnes pratiques de gestion, et qu'il faille les labourer jusqu'à une profondeur d'au moins 45 cm.

# LES SOLS SOLONETZIQUES ET LEUR GESTION

R.R. Cairns
Sous-station des sols solonetziques
Direction de la recherche
Agriculture Canada
Vegreville (Alb.)

W.E. Bowser (décédé)
Direction de la recherche
Agriculture Canada
Université d'Alberta
Edmonton (Alb.)

**PUBLICATION 1391,** on peut obtenir des exemplaires aux Services d'information, Agriculture Canada, Ottawa K1A 0C7

©Ministre des Approvisionnements et Services Canada 1980
N° de cat. A53–1391/1980F ISBN: 0-662-90460-5
Impression 1969 Révision 1980 1M–3:80

Also available in English under the title
*Solonetzic soils and their management*

# TABLE DES MATIÈRES

**INTRODUCTION** 5

Distribution au Canada 5
Identification 5
Formation 6
Productivité naturelle 9
Nappe peu profonde 11
Problèmes spéciaux 12

**CLIMAT** 15

**GESTION** 16

Drainage 16
Préparation du sol 17
Semailles 17
Cultures 18
Assolements 20

**FERTILITÉ** 21

Céréales 21
Fourrages 22
Irrigation complémentaire des cultures fourragères 23
Sources d'azote pour les graminées 23
Amendements calciques 26

**LABOUR PROFOND** 27

Premières études 27
Études au champ 27
Explications des rendements améliores 30
Rapport sodium/calcium 32
Durée de l'action bienfaisante 32
Méthode de prédiction des avantages du labour profond 32
Profondeur du labour 33
Coût du labour profond 35
Autres modes de mélange des horizons du sol 35

**IRRIGATION** 36

**RÉSUMÉ** 37

**REMERCIEMENTS** 38

# INTRODUCTION

Le terme solonetzique est un mot d'origine russe qui qualifie des sols qui se sont formés en contact avec des sels de sodium. Une forte action du sodium produit un solonetz, alors qu'une faible halomorphie donne un solod. Entre les deux, se situe le solonetz solodisé. Les sols solonetziques sont répandus dans beaucoup de régions du monde, notamment le sud de l'U.R.S.S., l'est des Balkans, l'Australie, les régions sèches de l'Amérique du Sud (surtout l'Argentine), le sud-ouest et le centre-nord des États-Unis et l'ouest du Canada.

## Distribution au Canada

Dans l'ouest du Canada, les sols solonetziques s'appelaient, originellement, sols brûlés ou sols de déflation, termes qui décrivaient bien la surface généralement irrégulière de ces sols. En beaucoup d'endroits du sud-est de l'Alberta et du sud-ouest de la Saskatchewan, la surface du sol est picotée de cuvettes de 13 à 25 cm de profondeur, couvrant la moitié de la région. Ces sols sont actuellement classés dans l'ordre solonetzique dont il existe de 6 à 8 millions d'hectares dans l'ouest du Canada, principalement dans les zones de prairie et de prairie-parc. La figure 1 montre l'emplacement des principales zones.

En général, ce genre de sol occupe un terrain relativement plat où le revêtement de till glaciaire ou d'autres dépôts récents est plutôt mince et où la roche-mère sous-jacente est située près de la surface (affleurement). Il est habituellement répandu dans les endroits où le drainage souterrain fait ou bien a fait défaut, où l'eau souterraine séjourne ou bien a séjourné près de la surface et, surtout, où le terrain peut recevoir des eaux de percolation des terres hautes environnantes. On trouve également ces sols près des zones où l'assise schisteuse contient des quantités assez considérables de sels.

## Identification

Les sols solonetziques possèdent un profil assez distinctif (fig. 2) qui se compose toujours de couches ou d'horizons bien tranchés les uns des autres: une couche de surface, l'horizon A, renferme d'ordinaire la plus grande quantité de matière organique; une couche sous-jacente, l'horizon B, est habituellement structurée et plus argileuse; et le sous-sol, horizon C, est formé du matériau originel sur lequel le sol s'est établi. L'horizon C ne contient ni la matière organique de l'horizon A ni la structure de l'horizon B.

L'horizon A des sols solonetziques est d'habitude plutôt mince et dur, de structure allant du grumeau au grain grossier. L'horizon B est relativement épais et de forme colonnaire. Les colonnes varient de 3 à 8 cm de diamètre; leurs extrémités supérieures sont souvent arrondies

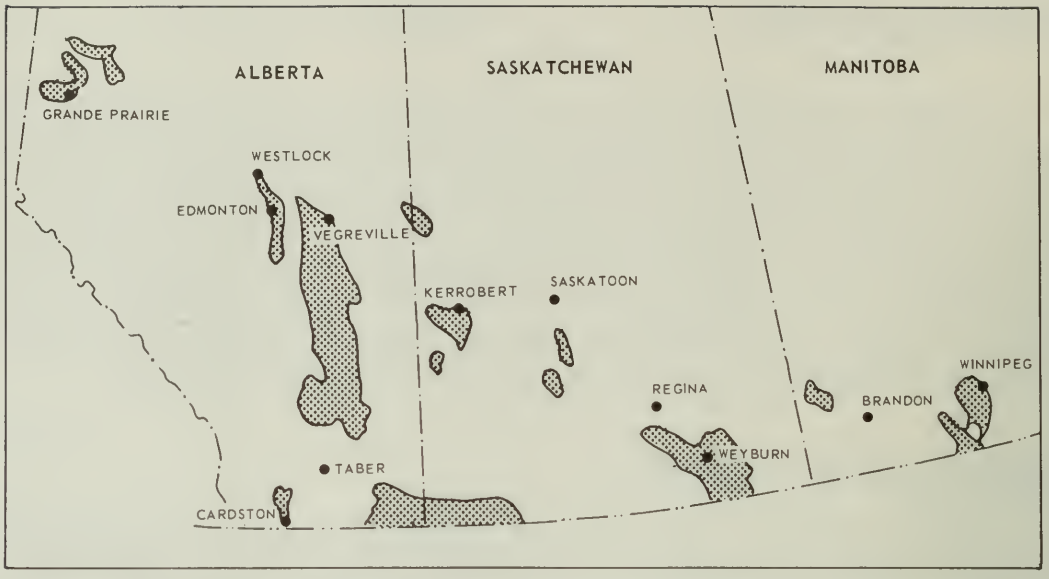



FIGURE 1. Principales zones de sols solonetziques dans l'ouest du Canada. Il en existe également plusieurs autres de moindre importance.

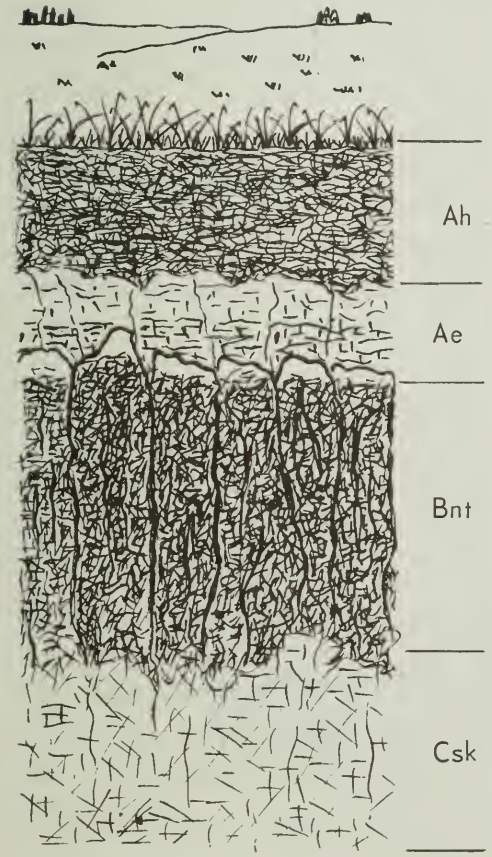
et couvertes d'un dépôt de silice blanche. L'horizon B contient beaucoup plus d'argile que l'horizon A et est très dur à l'état sec et plastique ou collant à l'état humide. On peut alors le rompre, encore qu'avec difficulté, en blocs à enrobement noir. Très peu de racines pénètrent dans ces colonnes et celles qui y parviennent suivent les lignes de clivage naturelles. La plupart des sols solonetziques sont pourvus d'un horizon A de couleur claire séparant les horizons A et B.

L'horizon C qui contient des sulfates et des carbonates de sodium, de magnésium et de calcium est généralement très argileux, mais ne possède pas une structure aussi forte que l'horizon B. On peut souvent y observer des cristaux de sels et des taches de chaux blanches. Il commence, habituellement, à une profondeur de 25 à 45 cm de la surface dans les régions semi-arides, ou prairie, et de 45 à 75 cm dans les régions moins arides de prairie-parc. Le tableau 1 établit une comparaison entre certaines caractéristiques d'un sol solonetzique et celles d'un sol noir tous deux associés à un sol à texture de loam.

Pour les besoins de la cartographie, on établit des unités pédologiques appelées séries, lesquelles sont généralement nommées d'après le district où elles ont été découvertes pour la première fois. Le texte et les tableaux de la présente publication font mention de diverses séries. Ainsi, une bonne partie du sol de la sous-station des sols solonetziques à Vegreville (Alb.) a été nommée loam limoneux Duagh, bien que cette série se retrouve également à d'autres endroits de l'Alberta.

## Formation

L'évolution de ces sols a vraisemblablement suivi la marche suivante: les zones actuellement occupées par les solonetz étaient, à



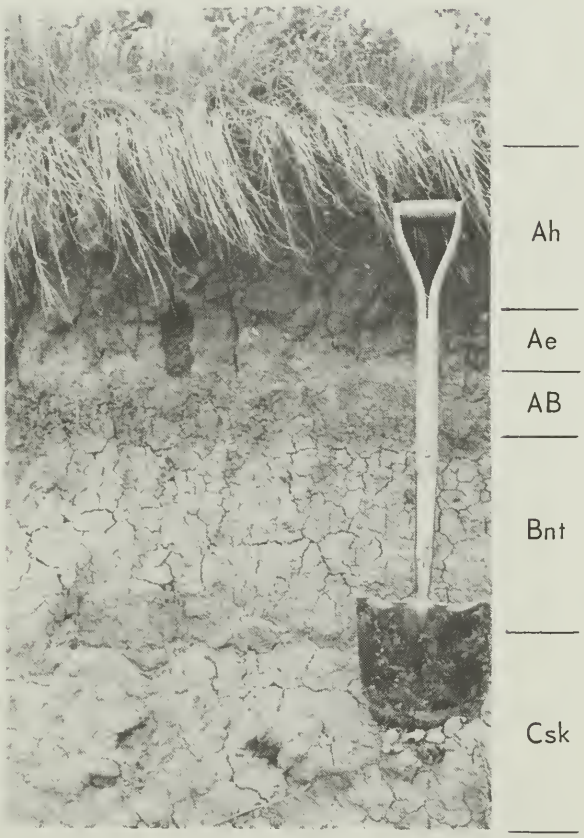




FIGURE 2. *En haut*: solonetz noir. Noter le contraste frappant entre les horizons A et B. *En bas à gauche*: représentation schématique d'un sol solonetzique montrant les séparations des horizons principaux. *En bas à droite*: solod noir. Noter le passage graduel de l'horizon A à l'horizon B, marqué par l'horizon AB.

TABLEAU 1 Caractères généraux, pH, matière organique (M.O.), conductivité électrique (C.É.), constituants hydrosolubles et pourcentage de sodium échangeable (P.S.É.) de deux sols d'un complexe de sols solonetziques

| Sol | Horizon* | Épaisseur de l'horizon cm | pH | M.O. (%) | C.É. (mmhos/cm) | Constituants hydrosolubles (meq/100 g) Ca | Mg | Na | K | $SO_4$ | P ppm soluble dans l'acide | P.S.É. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Solonetz noir: | | | | | | | | | | | | |
| loam limoneux Duagh | Ah | 15 | 6,0 | 10,76 | 3,0 | 0,08 | 0,11 | 1,68 | 0,03 | 1,65 | 67 | 24 |
| | Bnt | 15 | 7,2 | 4,53 | 5,9 | 0,26 | 0,57 | 4,74 | 0,04 | 5,57 | 68 | 28 |
| | Csk | -# | 7,8 | 1,49 | 15,9 | 0,71 | 1,57 | 9,98 | 0,06 | 11,30 | 79 | 33 |
| Sol noir éluvié: | | | | | | | | | | | | |
| loam limoneux Malmo | Ah | 20 | 6,1 | 16,09 | 1,1 | 0,18 | 0,14 | 0,12 | 0,14 | 0,42 | 177 | 0 |
| | Ae | 15 | 6,2 | 4,12 | 1,0 | 0,05 | 0,07 | 0,14 | 1,10 | 0,18 | 114 | 5 |
| | Bt | 51 | 7,6 | 1,72 | 2,4 | 0,10 | 0,35 | 1,03 | 0,01 | 1,35 | 15 | 14 |
| | Ck | — | 7,7 | 1,23 | 2,8 | 0,05 | 0,28 | 1,18 | 0,01 | 1,38 | 0 | 14 |

*Explication des suffixes
#: pas de données
e: lessivé
h: accumulation d'humus
k: quantité appréciable de carbonates
n: quantité appréciable de sodium
s: quantité appréciable de sels
t: accumulation d'argile

l'origine, salées et les sels qu'elles contenaient formaient un mélange de divers composés surtout des sulfates de sodium, de calcium et de magnésium distribués plus ou moins uniformément dans le profil. En contact avec du sodium, l'argile tend à devenir très fortement dispersée ce qui a facilité son lessivage de la surface par l'eau de percolation. L'argile s'est ensuite concentrée dans ce qui est devenu l'horizon B qu'elle a rendu dur et collant. Souvent, cet horizon devenait si compact que l'absorption de l'eau était très difficile. À ce stade, le sol est appelé un solonetz.

Au fur et à mesure que se continuait le lessivage par les eaux de pluies, l'horizon pâle Ae se formait et devenait plus épais. Petit à petit, le sodium s'est extrait des particules d'argile de l'horizon B et a cédé la place au calcium qui se lessive plus lentement ce qui a eu pour effet de ramollir le sol et d'en faciliter la pénétration par l'eau et par les racines. On arrive alors au stade du solod, type de sol qui, en général, s'exploite plus facilement et est plus productif que le solonetz. La plupart des zones de sols solonetziques comportent un mélange de solod et de solonetz.

Des études récentes ont révélé que les mécanismes pédogénétiques en jeu sont beaucoup plus complexes que ceux que nous venons de décrire. Ainsi, il est pratiquement certain qu'il y a eu de nombreux cycles de lessivage et de réapprovisionnement en sels à même la nappe souterraine. Toutefois, pour nos besoins, la description proposée suffira.

## Productivité naturelle

Au moins six caractéristiques nuisent à la productivité des sols solonetziques et posent à l'agriculteur des problèmes spéciaux de gestion.

- L'horizon B dur et compact entrave la pénétration de l'eau, de l'air et des racines. Les eaux de pluie séjournent souvent en surface et se perdent par évaporation. Les racines ont tendance à se concentrer dans l'horizon superficiel ce qui a pour effet de rendre les cultures moins résistantes à de longues périodes de sécheresse que les cultures en sols non solonetziques plus perméables.
- La forte teneur en sels du sous-sol influe sur la croissance des végétaux en limitant la disponibilité de l'eau et en empêchant les racines de pénétrer plus profondément dans le sol.
- L'horizon pâle Ae contient peu de matière organique et possède une structure lamellaire qui s'encroûte très facilement.
- La composition chimique particulière de ces sols semble gêner l'absorption de substances nutritives par les racines des végétaux. La teneur en potassium des plantes qui y sont cultivées est généralement faible bien qu'une fumure azotée puisse l'accroître considérablement.

FIGURE 3. *En haut*: blé sur solonetz brun. *En bas*: prairie de fauche sur solonetz noir. Noter la variabilité de croissance des deux zones.

- L'azote a tendance à ralentir la croissance des cultures. La presque totalité de l'azote d'un sol provient de la végétation antérieure. La formation des sols solonetziques a limité la croissance de ces végétaux ce qui explique la faible profondeur de l'horizon de surface et sa pauvreté en matière organique.
- La teneur en sodium soluble de l'horizon superficiel de beaucoup de sols solonetz varie selon les fluctuations de la nappe phréatique et l'évaporation de l'eau du sol. Le sodium soluble altère la structure du sol et rend plus difficiles les opérations culturales comme la préparation du lit de semences.

Comme le degré d'intensité de chacune des caractéristiques susmentionnées peut varier sur de courtes distances, la croissance des cultures et leur précocité présentent également des variations considérables ce qui donne à ces sols une productivité très inégale (fig. 3). Ces sols sont improductifs à l'état naturel comme le montre le tableau 2 qui compare la productivité de deux solonetz à un sol Noir d'un ordre différent associés à un sol ayant la texture du loam.

## Nappe peu profonde

Dans certaines zones de sols solonetziques, la nappe salée se situe parfois à moins de 1 m de la surface. On ne comprend pas encore parfaitement son rôle dans la formation de ces sols, mais on sait que son niveau fluctue librement dans le profil. Pour empêcher la remontée de la nappe salée dans ces zones, les eaux superficielles doivent être enlevées par drainage ou par transpiration plutôt que par évaporation.

À Vegreville, on a étudié la grande variabilité de la qualité et du niveau de la nappe salée dans un complexe donné de sols solonetziques. À cette fin, on a installé des piézomètres dans un solonetz très mince (Duagh), un solonetz ordinaire (Duagh) et un sol noir éluvié

TABLEAU 2 Rendement et pénétration radiculaire d'herbages cultivés en 1958 et 1959 sur trois sols d'un complexe de sols solonetziques à Vegreville (Alb.)

| | Rendement de foin (matière sèche) | | Pénétration radiculaire |
|---|---|---|---|
| | 1958 | 1959 | |
| Sol | kg/ha | kg/ha | cm |
| Solonetz noir: loam limoneux Duagh | 756 | 936 | 20-23 |
| Solonetz noir: loam limoneux Duagh mince | 246 | 836 | 18-20 |
| Sols noirs éluviés: loam limoneux Malmo | 2516 | 4303 | 40-46 |

(Malmo), tous situés dans un rayon d'environ 37 m (fig. 4). La profondeur de la nappe et sa teneur en sodium ont largement fluctué (tableau 3), sans que ces facteurs semblent reliés à la saison ni au climat local. Moins le sol était productif, plus l'élévation du niveau de l'eau dans les piézomètres profonds était grande par rapport à celle des piézomètres peu profonds, et moins les fluctuations saisonnières des niveaux d'eau étaient importantes. La composition chimique de la nappe a considérablement varié selon la profondeur du piézomètre (tableau 4) ce qui tient probablement à celle des matériaux d'origine (tableau 5) par lesquels l'eau était passée avant de pénétrer dans le piézomètre. On n'a constaté aucun rapport entre la surface du terrain et l'état du sol.

## Problèmes spéciaux

Les sols solonetziques posent également des problèmes de construction. La corrosion des surfaces métalliques et l'altération du béton ordinaire par les sels exigent des techniques spéciales. Ces sols contiennent de fortes quantités de sels qui provoquent l'érosion du sol et imposent certaines contraintes à la construction des routes et d'autres structures de terre. Le lent transport de l'eau qui caractérise

FIGURE 4. Batterie de piézomètres servant à mesurer la nappe phréatique à la sous-station à Vegreville.

TABLEAU 3 Profondeur de la nappe et teneur en sodium de l'eau contenue dans des piézomètres disposés à 305 cm de profondeur installés en octobre 1965

| | Profondeur de la nappe salée | | | Teneur en Na | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Sol | Lecture | cm | Date de la lecture | Lecture | meq/litre | Date de la lecture |
| Loam limoneux Malmo | Minimum | 60 | Mai 1967 | Maximum | 120,0 | Août 1966 |
| | Moyenne | 190 | 1966-1972 | Moyenne | 38,0 | 1966-1972 |
| | Maximum | 270 | Avril 1972 | Minimum | 0,5 | Mai 1971 |
| Loam limoneux Duagh | Minimum | 35 | Septembre 1966 | Maximum | 250,0 | Août 1966 |
| | Moyenne | 170 | 1966-1972 | Moyenne | 170,0 | 1966-1972 |
| | Maximum | 205 | Mai 1966 | Minimum | 126,0 | Février 1971 |

TABLEAU 4 Composition chimique de la nappe d'un complexe de sols solonetziques

| | Profondeur du piézomètre | Échantillonnage de la nappe en novembre 1971 | | | | | | Échantillonnage de la nappe en mai 1972 | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | C.É.* | Constituants (meq/litre) | | | | | C.É.* | Constituants (meq/litre) | | | | |
| Sol | cm | mmhos/cm | Na | Ca | Mg | K | Total | mmhos/cm | Na | Ca | Mg | K | Total |
| Loam limoneux Malmo | 305 | 0,3 | 0,8 | 0,3 | 0,3 | 0,21 | 1,6 | 0,3 | 1,4 | 0,3 | 0,2 | 0,33 | 2,2 |
| | 460 | 3,1 | 24,0 | 4,1 | 2,0 | 0,17 | 30,3 | 2,5 | 19,0 | 0,6 | 1,4 | 0,22 | 21,2 |
| | 610 | 3,6 | 29,0 | 1,6 | 0,9 | 0,21 | 31,7 | 3,6 | 29,0 | 0,7 | 1,1 | 0,34 | 31,1 |
| Loam limoneux Duagh | 230 | 30,0 | 197,0 | 8,1 | 32,0 | 0,45 | 237,6 | - # | — | — | — | — | — |
| | 305 | 21,0 | 143,0 | 4,3 | 24,0 | 0,39 | 171,7 | 22,0 | 145,0 | 2,8 | 26,0 | 0,58 | 174,4 |
| | 460 | 16,0 | 96,0 | 8,6 | 8,5 | 0,38 | 113,5 | 14,0 | 84,0 | 4,3 | 8,0 | 0,47 | 96,8 |
| | 610 | 5,5 | 43,0 | 1,7 | 1,9 | 0,20 | 46,8 | 4,6 | 37,0 | 0,7 | 1,9 | 0,26 | 39,9 |
| Loam limoneux Duagh mince | 305 | — | — | — | — | — | — | 22,0 | 142,0 | 5,0 | 23,0 | 0,51 | 170,5 |
| | 460 | 30,0 | 153,0 | 0,3 | 0,3 | 0,40 | 154,0 | 24,0 | 117,0 | 0,6 | 0,5 | 0,63 | 118,7 |
| | 610 | 2,6 | 22,0 | 0,8 | 0,3 | 0,12 | 23,2 | 2,4 | 21,0 | 0,3 | 0,3 | 0,19 | 21,8 |

*Conductivité électrique
#pas de données

ces sols laisse supposer, entre autres, qu'ils conviennent peu au traitement des eaux usées.

## CLIMAT

Les sols solonetziques sont répandus sous divers climats. À Vegreville, la sous-station est située dans la zone des sols noirs qui est l'une des régions les plus humides. Sur une période de 18 ans, soit de 1958 à 1975, la moyenne des précipitations annuelles totales était de 392 mm, avec un minimum de 285 mm en 1966 et un maximum de 554 mm en 1973; la moyenne de longue durée (70 ans) pour la région est d'environ 432 mm. Durant cette période, la pluviométrie du 1er avril au 1er septembre a été en moyenne de 265 mm, avec un minimum de 167 mm en 1958 et un maximum de 410 mm en 1973. La période sans gel excessif (-1,7°C) a duré en moyenne environ 111 jours, passant, en 1958, de 128 jours à 83 en 1974. La période sans gel à 0°C a duré en moyenne 87 jours. Les sols solonetziques des zones de sols bruns et brun foncé sont situés dans une région de faible hygrométrie, mais

Tableau 5 Teneur en divers cations, extractibles à l'acétate d'ammonium 1,0 N (pH 6,5), d'échantillons de sols prélevés aux emplacements de pose des piézomètres

| | Profondeur d'échantillonnage | | Cations extractibles (meq/100 g) | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Sol | cm | Couleur | Na | Ca | Mg | K |
| Loam limoneux Malmo | 90 | Brun | 5,3 | 84,8 | 7,0 | 0,8 |
| | 150 | Brun | 3,4 | 36,0 | 4,2 | 0,6 |
| | 305 | Brun | 8,5 | 17,0 | 7,8 | 1,1 |
| | 460 | Gris | 8,7 | 15,0 | 4,2 | 1,1 |
| | 490* | Noir | 14,0 | 17,0 | 5,2 | 1,2 |
| | 610 | Gris | 14,8 | 15,0 | 2,4 | 1,4 |
| Loam limoneux Duagh | 90 | Brun | 18,4 | 39,0 | 12,4 | 0,8 |
| | 150 | Brun | 17,6 | 15,0 | 8,8 | 1,0 |
| | 305 | Gris | 8,4 | 10,0 | 3,0 | 1,2 |
| | 460 | Gris | 12,4 | 10,0 | 2,4 | 1,2 |
| | 610 | Noir | 15,2 | 13,0 | 3,0 | 1,3 |
| Loam limoneux Duagh mince | 90 | Brun | 11,6 | 28,0 | 8,6 | 0,5 |
| | 150 | Brun | 10,0 | 23,0 | 7,8 | 0,6 |
| | 305 | Brun | 6,8 | 18,0 | 5,2 | 0,5 |
| | 460* | Gris | 11,2 | 11,0 | 6,4 | 0,9 |
| | 610 | Gris | 11,6 | 16,0 | 5,8 | 1,0 |

*Les couches très dures se rencontraient à une profondeur de 490 cm sans le sol Malmo et à une profondeur de 377 cm dans le sol Duagh très mince. Le loam limoneux comportait une couche quelque peu analogue, mais plus meuble, à une profondeur de 610 cm. Les échantillons de ces matériaux ont été très difficiles à filtrer et leurs extraits étaient intensément colorés. Cette couche se composait de schiste argileux carbonaté.

caractérisée par une période sans gel relativement longue. Ainsi, les précipitations moyennes annuelles sont de 305 mm à Brooks (Alb.) et d'environ 406 mm à Weyburn (Sask.). La période sans gel dans ces deux endroits est respectivement de 120 et 100 jours.

## GESTION

La forte teneur en sels solubles du profil de ces sols pose des problèmes de gestion. Les sels se déplacent verticalement et les pratiques de gestion doivent donc chercher à réduire au minimum la remontée des sels pour en prévenir l'accumulation dans l'horizon A (fig. 5).

### Drainage

Là où les conditions du terrain et les considérations économiques l'autorisent, le drainage superficiel est très efficace. Comme l'eau ne pénètre pas facilement dans ces sols, elle a tendance à s'évaporer sur place en laissant un dépôt de sels. L'évacuation des eaux souterraines par fossés ou par drainage souterrain n'est pas pratique à cause du mouvement très lent de l'eau dans le sol.

FIGURE 5. Efflorescences salines en zone de sols solonetziques

## Préparation du sol

Le travail du sol a pour principal objet de préparer un lit de semences fin et ferme et de réduire l'encroûtement en surface. Les travaux nécessaires pour atteindre ces résultats varient considérablement d'une année à l'autre. En général, le sol a tendance à devenir plus meuble s'il est travaillé par temps frais et lorsqu'il est modérément sec. En revanche, par temps chaud ou quand ces sols sont détrempés, le travail leur donne une structure de cendre battue.

Le travail du sol à une profondeur de plus de 10 à 15 cm, mais inférieure à 45 cm, n'a pas sensiblement accru les rendements et certaines façons, comme le labour à 36 cm, ont même créé des problèmes de préparation du lit de semences. Le fait de ramener l'horizon B induré à la surface n'a pas produit d'augmentation appréciable du rendement, mais a accru la propension du sol à la battance et à l'encroûtement. Nous examinerons, plus loin, la pratique du labour profond.

## Semailles

Pour réussir les semailles, la semence doit être placée en contact direct avec le sol humide. Cette pratique est essentielle à toutes les plantes cultivées dans ce type de sol. En sols normaux, les pluies

FIGURE 6. Encroûtement causé par les pluies abondantes et le dessèchement rapide avant la levée des céréales

peuvent s'avérer profitables à la levée des plantules après le semis, mais en sols solonetziques, elles risquent plutôt d'empêcher la levée en provoquant l'encroûtement de la surface (fig. 6). On doit viser, en premier lieu, à créer des conditions favorables à une levée rapide.

Un mode d'ensemencement très efficace, adopté à la sous-station des sols solonetziques à Vegreville, consiste à semer les céréales et le brome en sol humide au moyen d'un semoir en lignes à roues plombeuses et à semer ensuite la luzerne perpendiculairement avant la levée des céréales. Le tassement effectué par le premier passage empêche une pénétration excessive de la semence au second passage. Bien que cette méthode ait donné de bons résultats, d'autres peuvent être utilisées pourvu qu'elles répondent aux exigences concernant la profondeur et le tassement du sol. Le semis à la volée des semences fourragères a rarement permis d'établir un peuplement.

Il peut arriver qu'une nouvelle prairie sur solonetz fortement développé présente des plages dénudées. Il ne sert pas à grand chose de retourner toute la superficie pour ressemer; les mêmes plages nues risquent de réapparaître au second essai. On peut réensemencer les «vides» lorsque le sol est assez ferme pour porter le matériel, mais tout en restant assez meuble pour faciliter la pénétration de la semence. Cette méthode permet généralement un certain degré d'implantation dans les plages vides et dispense du coût de ressemer tout le terrain.

## Cultures

En général, les plantes et les variétés adaptées aux sols normaux d'un district peuvent se cultiver avec succès sur les sols solonetziques apparentés.

Les cultures fourragères améliorent l'état d'ameublissement des sols solonetziques et leur inclusion dans l'assolement est à conseiller. À Vegreville, on a comparé, pendant 5 ans, 7 graminées (tableau 6). Le brome, l'agropyre intermédiaire et la fétuque rouge traçante ont donné des rendements moyens sensiblement égaux. L'agropyre inter-

TABLEAU 6 Rendement moyen de sept espèces de graminées cultivées pendant 5 ans sur loam limoneux Duagh fertilisé à Vegreville (Alb.)

| Espèces | Rendement moyen (matière sèche) kg/ha |
|---|---|
| Brome | 4010 |
| Agropyre intermédiaire | 3990 |
| Agropyre à crête | 3430 |
| Alpiste roseau | 3380 |
| Fétuque des prés | 3380 |
| Fléole des prés | 3610 |
| Fétuque rouge traçante | 3920 |

TABLEAU 7 Rendement en foin de graminées et de luzerne sur loam limoneux Duagh fertilisé à Vegreville (moyenne de 3 ans)

| Espèces | Rendement moyen (matière sèche) kg/ha |
|---|---|
| Brome Carlton | 3725 |
| Brome Magna | 3883 |
| Brome Manchar | 3781 |
| Agropyre de l'Ouest | 3135 |
| Agropyre à chaume rude | 4444 |
| Agropyre élevé Orbit | 2717 |
| Élyme de l'Altaï | 2600 |
| Luzerne Rambler | 4375 |
| Luzerne Beaver | 4049 |
| Luzerne Roamer | 3744 |
| Luzerne Drylander | 4580 |

médiaire a été plus productif que le brome dans l'année du semis, mais beaucoup moins au cours des 2 dernières années. L'agropyre à crête, l'alpiste roseau, la fétuque des prés et la fléole des prés ont eu un rendement satisfaisant, bien que plus faible que les trois autres graminées.

Des travaux plus récents d'une durée de 3 ans ont révélé que le brome est plus productif que l'agropyre de l'Ouest, l'agropyre élevée et l'élyme de l'Altaï (tableau 7). Le rendement du cultivar d'agropyre à chaume rude Revenue a dépassé celui du brome, mais il a atteint son meilleur niveau au cours des 2 premières années après l'installation. Par contre, il a été inférieur au brome dans la troisième année. Les cultivars de brome Carlton, Magna et Manchar n'ont montré que peu de différences de productivité.

La luzerne s'installe facilement sur ces sols et est, généralement, plus productive que d'autres légumineuses. Les rendements des cultivars Rambler et Drylander ont surpassé ceux de Beaver et Roamer. L'apport de la luzerne au rendement total est lié au degré de solonisation. Sur les sols solonetziques plus productifs, elle donne de bons rendements mais, sur les phases moins productives, les plants sont étiolés et improductifs. Il semble donc qu'on puisse semer un peu de luzerne pour accroître légèrement le rendement de foin la première année, mais aussi que la fumure devrait surtout viser à accroître le rendement du brome plutôt que celui de la luzerne.

À Vegreville, les céréales récoltées en vert au cours des 3 années allant de 1972 à 1974 ont eu un rendement moyen de 5345 kg/ha contre 4003 kg/ha pour le foin. Ces chiffres représentent les moyennes obtenues pour le blé, l'avoine et l'orge cultivés sur jachère et sur chaume, et pour les cultures de céréales en vert de la première à la troisième année. En général, c'est l'année 1974 qui a enregistré la meilleure production de céréales en vert et 1972 la moins bonne. Le foin consistait en un mélange de brome et de luzerne.

Les taux des semis sont ceux que recommande le guide agricole de l'Alberta ou d'autres publications traitant des céréales, des cultures à foin et à pâturage.

## Assolements

Normalement, les assolements adaptés aux sols non solonetziques du district conviennent également aux sols solonetziques, mais sous trois réserves: premièrement, les sols solonetziques les plus développés devraient être ensemencés en graminées à cause du coût élevé de la préparation du lit de semences et du grand risque de perdre la récolte à cause de la difficulté de préparer le terrain et la possibilité d'encroûtement. Deuxièmement, les sols solonetziques de formation assez accusée devraient être exploités selon un assolement incluant des cultures fourragères lesquelles ont un effet ameublissant . Enfin, les sols faiblement développés peuvent servir à la culture de céréales, à la condition que les déchets de culture soient restitués au sol. Le système de culture utilisé dépend, dans une large mesure, de l'état du sol.

Les sols solonetziques se rencontrent sous divers climats qui, évidemment, influent sur le choix des cultures: par exemple, les cultures fourragères sont d'habitude mieux adaptées aux régions à précipitations raisonnablement élevées. Les résultats obtenus pour quatre assolements pratiqués à Vegreville pendant 16 ans, sur un sol solonetzique assez bien développé, méritent un examen détaillé.

### Blé en culture continue

Le revenu brut annuel moyen a été de $200/ha de terre arable sur la durée de l'assolement. Dans ce système, les recettes varient plus d'une année à l'autre que dans les autres systèmes étudiés. Le revenu le plus élevé atteint depuis l'adoption du système, en 1959, a été de $326/ha en 1971. Les meilleures recettes ont été obtenues durant des années modérément sèches. Le désherbage a nécessité une attention spéciale. Le sol, difficile à travailler durant les premières années, s'est amélioré par la suite.

### Jachère-blé

La rotation jachère-blé qui n'utilise que la moitié de la terre cultivée chaque année a rapporté environ $49/ha de moins que le système de monoculture de blé. Le revenu brut moyen a peu varié d'une année à l'autre. Ce genre d'assolement a permis de réduire les problèmes d'infestation de mauvaises herbes.

### Jachère-blé-orge

Utilisant les deux tiers de la terre en culture, la rotation jachère-blé-orge a produit un revenu brut annuel moyen de $195/ha. Elle a donné lieu à une plus grande fluctuation des revenus que la rotation jachère-blé à cause de la plus grande sensibilité des cultures sur chaume aux conditions atmosphériques. Elle offre une excellente combinaison des conditions de désherbage, de mise en état du sol et de productivité.

### Blé-avoine-orge-foin-foin-foin et défriche

Une rotation de 6 ans comprenant blé-avoine-orge-foin-foin-foin et défriche a rapporté des recettes annuelles moyennes, assez variables, de $158/ha. Cette variabilité était causée par la grande sensibilité des cultures fourragères à la sécheresse. C'est un système de conduite facile et de nature à ameublir les sols solonetziques durs.

Dans ces essais, on a évalué les récoltes de blé, d'orge et d'avoine à $130, $100 et $60/t respectivement et celle du foin, à $33/t. Depuis 1961, on utilise le mode de fumure suivant: phosphate d'ammonium (11-48-0) à raison de 67 kg/ha pour les cultures sur jachère, nitrate-phosphate d'ammonium (26-13-0) à raison de 90 kg/ha pour les cultures continues et les cultures sur chaume, et nitrate d'ammonium (34-0-0) à raison de 224 kg/ha pour les cultures fourragères.

## FERTILITÉ

Les sols solonetziques contiennent moins d'azote et en libèrent moins au profit de la culture que les sols associés non solonetziques, mais la faible teneur en azote par volume unitaire de sol ne constitue pas le seul problème. En effet, ces sols ont souvent moins de la moitié de la terre de surface des autres zones de sols, or c'est de cette couche que provient pratiquement tout l'azote assimilable.

Bien que l'azote soit le principal élément nutritif restrictif, certains sols peuvent également manquer de phosphore ou de potassium assimilables. Aucun des nombreux sols étudiés n'a présenté de carences en potassium, mais les teneurs observées sont extrêmement variables, si bien que de telles carences pourraient survenir.

### Céréales

Pour les céréales sur jachère à Vegreville, l'utilisation de la fumure au phosphate d'ammonium (11-48-0) à raison de 67 kg/ha et au nitrate-phosphate d'ammonium (23-23-0) à raison de 78 kg/ha s'est avérée rentable. Pour les cultures sur chaume et sur défriche de prairie,

FIGURE 7. L'accroissement du rendement d'un champ de brome de 20 ans par l'utilisation abondante de nitrate d'ammonium

l'épandage de nitrate-phosphate d'ammonium (26-13-0) à raison de 90 kg/ha a été avantageux. Comme les besoins d'éléments nutritifs peuvent varier d'un endroit à l'autre, l'analyse du sol sera utile à l'élaboration d'un programme de fertilisation.

## Fourrages

En sols solonetziques, les fourrages répondent très bien à la fumure azotée (fig. 7). Après épandage de nitrate d'ammonium (34-0-0) à raison de 224 kg/ha, chaque année, pendant 14 ans, à Vegreville, le rendement annuel moyen de matière sèche du brome a été de 2681 kg/ha, contre 1156 kg/ha sans fertilisation. Des études effectuées pendant 3 ans sur divers types de sols solonetziques de l'Alberta ont donné des résultats comparables pour le brome (tableau 8). Dans la zone des sols bruns, la faible teneur en eau du sol a empêché les cultures de croître. À certains endroits, même dans la zone des sols noirs, la solonisation était tellement forte qu'elle réduisait la densité des peuplements et, par voie de conséquence, la réaction à l'azote. L'apport de phosphore et de potassium n'a pas amélioré le rendement du foin.

Le brome fertilisé au nitrate d'ammonium (34-0-0) sur loam limoneux Duagh contenait plus d'azote et de potassium, et moins de

sodium, d'aluminium et de fer, que le brome non fertilisé (tableau 9). Après 5 ans de fumure, l'horizon A contenait deux fois moins de sels et deux fois plus de racines que les superficies sans engrais et, en outre, le sol était plus meuble (tableau 10).

## Irrigation complémentaire des cultures fourragères

Dans la zone des sols bruns où à cause du manque d'eau, certaines années, les cultures ont peu réagi à l'azote, on a effectué sur culture de brome une étude portant sur l'effet d'un complément d'eau combiné à la fertilisation (tableau 11). Durant 6 ans, soit de 1969 à 1974, l'application de 7,6 cm d'eau par année, en plus d'un rapport de nitrate d'ammonium (34-0-0) à raison de 448 kg/ha a entraîné une hausse de rendement de 1210 kg/ha par année en comparaison avec la fertilisation ordinaire. Par contre, en 1974, année de précipitations plus fortes, l'irrigation d'appoint utilisée sans fumure n'a pas sensiblement accru les productions sur loam Hemaruka ou Halkirk. Certaines années, l'irrigation d'appoint peut même provoquer des pertes, comme celles qui ont été enregistrées sur loam Halkirk à cause de l'engorgement des sols peu perméables.

## Sources d'azote pour les graminées

À Vegreville, on a comparé pendant 12 ans le nitrate d'ammonium (34-0-0), le sulfate d'ammonium (21-0-0) et l'urée (45-0-0) comme engrais pour le brome à la dose d'épandage annuelle de 112 kg/N/ha (tableau 12). Tous ces engrais ont augmenté le rendement chaque année, sauf en 1966, année sèche où l'urée a été moins efficace que les autres formes d'engrais. De 1963 à 1972, le taux de récupération moyen

TABLEAU 8 Rendement du brome sur huit sols solonetziques après applications annuelles de nitrate d'ammonium à raison de 224 kg/ha (moyenne de 3 ans)

| | | Rendement moyen (matière sèche) | |
|---|---|---|---|
| | | Parcelles non fertilisées | Parcelles fertilisées |
| Endroit | Sol | kg/ha | kg/ha |
| Kavanagh | Loam Kavanagh | 1987 | 3684 |
| Ryley | Loam Camrose mince | 1771 | 3703 |
| Bruce | Loam Torlea | 2035 | 4465 |
| Camrose | Loam Camrose | 1648 | 3537 |
| Chipman | Loam Whitford | 1337 | 3407 |
| Halkirk | Loam Halkirk | 1365 | 4359 |
| Halkirk | Loam Torlea | 1219 | 3646 |
| Coronation | Loam Hemaruka | 1214 | 2445 |

TABLEAU 9 Résultat d'apports annuels de nitrate d'ammonium à raison de 224 kg/ha sur la composition chimique moyenne du brome cultivé sur loam limoneux Duagh à Vegreville (Alb.), de 1962 à 1965

| Traitement | N % | Azote nitrique % | P % | K % | S % | Na % | Ca % | Mg % | Cl % | Al % | Fe % | Cu ppm | Mn ppm |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Non fertilisé | 1,64 | 0,10 | 0,18 | 1,60 | 0,26 | 0,11 | 0,36 | 0,18 | 0,15 | 0,05 | 0,03 | 21 | 158 |
| Fertilisé | 2,57 | 0,26 | 0,13 | 2,11 | 0,20 | 0,03 | 0,31 | 0,14 | 0,13 | 0,01 | 0,01 | 18 | 111 |

de l'azote a été de 42, 40 et 34% respectivement pour le nitrate d'ammonium, le sulfate d'ammonium et l'urée. Durant cette période, le sulfate d'ammonium a provoqué un accroissement inattendu de l'acidité du sol, abaissant le pH de 5,6 à 3,9. Des travaux en laboratoire ont révélé que le nitrate d'ammonium, contrairement à l'urée, accroît substantiellement le taux de pénétration de l'eau dans ces sols (tableau 13). Le nitrate d'ammonium semble être la forme d'engrais azoté assimilable la plus adaptée pour les cultures de graminées en sols solonetziques, même si elle accroît également l'acidité du sol.

TABLEAU 10 Résultat d'apports annuels de nitrate d'ammonium, à raison de 224 kg/ha, sur la croissance du brome et sur diverses propriétés de l'horizon A d'un loam limoneux Duagh à Vegreville (Alb.) au bout de 5 ans

| Facteurs évalués | Non fertilisé | Fertilisé |
|---|---|---|
| Rendement moyen en matière sèche (kg/ha) | 1504 | 6773** |
| Composition de l'horizon A | | |
| Racines (matière sèche), (kg/ha) | 6608 | 12096** |
| Sodium soluble (meq/100 g) | 1,24 | 0,75** |
| Sodium échangeable (meq/100 g) | 3,84 | 1,85** |
| Sodium échangeable (% des bases échangeables) | 17,34 | 8,92** |
| Calcium échangeable (% des bases échangeables) | 47,81 | 61,04** |
| Dureté du sol (résistance illimitée) (kg/cm²) | 1,45 | 0,66* |

*Significatif au seuil de P = 0,05
**Significatif au seuil de P = 0,01

TABLEAU 11 Résultat d'un régime d'irrigation modifiée et de fumure sur le rendement du brome cultivé dans deux fermes à sols solonetziques près de Coronation (Alb.), dans la zone des sols bruns foncés

| | Rendement du brome (matière sèche) | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Loam Hemaruka (SE-26-36-11-W4) | | Loam Halkirk (SE-28-33-11-W4) | |
| | 1974 | Moyenne 1969-1974 | 1974 | Moyenne 1972-1974 |
| Traitement* | kg/ha | kg/ha | kg/ha | kg/ha |
| Sans irrigation, non fertilisé (témoin) | 1980 | 1568 | 1347 | 1279 |
| Non irrigué, fertilisé | 3515 | 2906 | 4739 | 5316 |
| Irrigué, non fertilisé | 2279 | 2129 | 1329 | 1169 |
| Irrigué, fertilisé | 3581 | 4115 | 3616 | 3965 |

*La fumure consistait en nitrate d'ammonium (34-0-0) à raison de 448 kg/ha appliquée en terre sèche à l'automne et irriguée en début de printemps. L'irrigation consistait en apport annuel de 7,6 cm d'eau au début de printemps.

## Amendements calciques

La pierre à chaux agricole s'est avérée efficace pour certains sols solonetziques en améliorant leur productivité et leurs propriétés physiques au cours d'essais en serre et au champ. Son efficacité est meilleure dans les sols solonetziques dont les couches superficielles ont un pH inférieur à 6,0, que dans les sols où ces mêmes couches ont un pH plus élevé. Son utilisation soulève toutefois trois problèmes: elle coûte généralement assez cher et n'est pas facilement disponible dans l'ouest du Canada; elle se solubilise très lentement et l'horizon B induré demeure un obstacle à l'accroissement de la productivité. Les exploitants de sols solonetziques acides qui désirent faire l'essai de cet amendement devraient demander une étude des besoins de chaux au Laboratoire provincial d'analyse des sols et des aliments des animaux.

Le gypse s'est révélé bénéfique pour certains sols solonetziques, en particulier, par son action sur leurs propriétés physiques. Son utilisation soulève toutefois les mêmes problèmes que celle de la pierre à chaux et, en outre, ne réduit pas l'acidité du sol.

Plusieurs années de recherches à Coronation (Alb.) ont révélé que le gypse peut être assez efficace dans l'amélioration du sol et dans l'accroissement de sa productivité lorsqu'il est combiné à des engrais azotés (tableau 14). Par exemple, le calcium pénètre les colonnes de

TABLEAU 12 Résultat de diverses formes d'engrais azotés, à raison de 112 kg N/ha/année sur le rendement du brome cultivé sur loam limoneux Duagh à Vegreville (Alb.)

| | Rendement moyen en matière sèche | | |
|---|---|---|---|
| | 1963 à 1967 | 1963 à 1974 | |
| Traitement | kg/ha | kg/ha | pH 1972 |
| Sans fumure | 1606 | 1295 | 5,6 |
| Nitrate d'ammonium | 3985 | 3274 | 4,7 |
| Sulfate d'ammonium | 3881 | 3039 | 3,9 |
| Urée | 3660 | 3018 | 4,9 |

TABLEAU 13 Essais en laboratoire montrant l'action du nitrate d'ammonium sur le transport de l'eau dans un loam limoneux Duagh à Vegreville (Alb.)

| Horizon | Traitement | Taux d'infiltration (mm/h) |
|---|---|---|
| A | Eau | 0,12 |
| | Nitrate d'ammonium 0,06 N | 7,08 |
| B | Eau | 0,10 |
| | Nitrate d'ammonium 0,06 N | 2,78 |

l'horizon B et les ameublit, mais les données ne portent que sur un seul sol, à une seule dose d'épandage, de sorte qu'il ne sera possible d'en faire une interprétation définitive que lorsque les résultats des études en cours sur plusieurs types de sols solonetziques seront disponibles. Les agriculteurs dont les terres ont un pH d'au moins 6,0 et qui ont facilement accès à une usine d'engrais chimiques, fabriquant de grandes quantités de gypse comme sous-produit, seront peut-être intéressés à faire l'essai de ce type d'amendement sur une faible étendue. Il est certain que la dose d'épandage utilisée à Coronation était beaucoup plus forte qu'il n'en fallait car une forte proportion s'est retrouvée dans l'horizon C où il est inutile.

## LABOUR PROFOND

La technique dite du labour profond est essentiellement un malaxage d'horizons. Le sol est labouré à une profondeur de plus de 40 cm, mais n'est pas retourné comme dans le labour ordinaire. Les horizons A, B et C (soit, dans l'ordre, la terre de surface, la couche indurée sous-jacente et la couche de sels de chaux qui la recouvre) sont ainsi mélangés en proportions sensiblement égales.

### Premières études

Le mélange des horizons A et C d'un loam limoneux Duagh a décuplé la croissance du blé en serre par rapport à celle du blé cultivé uniquement dans l'horizon A. À Vegreville, le labour de ce sol solonetzique à une profondeur de 60 cm a pu ramener de 27 à 40 t/ha de gypse et de 45 à 67 t/ha de carbonate de calcium vers le haut dans les horizons A et B à faible teneur en calcium. Le labour constitue donc une façon beaucoup plus rentable de fournir le calcium nécessaire à ces sols que toute autre source d'approvisionnement (fig. 8).

Dans les premiers essais au champ à Vegreville, le sol a été creusé à une profondeur de 60 cm, puis mélangé et remis en place. Les rendements des cultures subséquentes de blé et d'orge se sont accrus d'environ 33% pendant 6 ans en comparaison avec les cultures sur labour ordinaire.

### Études au champ

Des expériences au champ ont été effectuées en Alberta à Chipman, Coronation, Enchant, Fleet, Halkirk, Hanna, Lamont, Leduc, Legal, Vegreville et Viking. À tous ces endroits, on a utilisé une charrue spécialement conçue (fig. 9).

Vu la difficulté d'établir une moyenne des rendements de diverses cultures, nous avons calculé les recettes brutes moyennes (tableau

TABLEAU 14 Action de l'épandage superficiel de gypse sur le rendement moyen et la composition chimique du brome, ainsi que sur la teneur en calcium échangeable des horizons A, B et C d'un loam Hemaruka à Coronation (Alb.)

| Fumure* azotée annuelle | Apport annuel de gypse | Rendement moyen du brome de 1971 à 1974 | Composition chimique du brome, 1974 | | | | | | Teneur du sol en Ca échangeable (meq/100 g) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | N | P | K | Na | Ca | Mg | | | |
| kg/ha | t/ha | kg/ha | % | % | % | % | % | % | A | B | C |
| 0 | 0 | 2162 | 1,03 | 0,09 | 1,00 | 0,07 | 0,43 | 0,10 | —# | — | — |
| 152 | 0 | 4045 | 1,40 | 0,07 | 1,13 | 0,05 | 0,33 | 0,10 | 5,18 | 3,20 | 10,52 |
| 152 | 4,5 | 4919 | 0,91 | 0,07 | 1,26 | 0,04 | 0,56 | 0,08 | 9,59 | 7,63 | 28,40 |

*Toutes les parcelles reçoivent un complément annuel d'eau (7,6 cm) en début de printemps.
#: Pas de données

15). Sur un emplacement à Vegreville, l'accroissement de valeur des récoltes obtenu par la seule technique du labour profond a varié d'environ $10/ha à $111/ha à un autre emplacement à Coronation. La plus forte augmentation pour 1 an, soit $171/ha a été enregistrée à Chipman sur loam limoneux Duagh.

À Vegreville, le labour profond a eu peu d'effet avantageux sur le rendement de céréales de 1960 à 1965, puisqu'on avait déjà mis au point des pratiques de gestion permettant d'obtenir de bonnes récoltes sur loam limoneux Duagh en labour normal. Ces pratiques comportaient le drainage superficiel, la préparation du lit de semences, un semis minutieux et une fumure judicieuse.

L'effet bénéfique du labour profond s'est fait sentir dans les rendements de foin cultivé au cours de quatre années, soit de 1966 à 1969, lesquels sont passés de 2100 kg/ha sur sol de labour classique à 3284 kg/ha sur sol labouré en profondeur. L'accroissement était, dans une large mesure, attribuable à l'augmentation de la croissance de la luzerne, résultat impossible à atteindre en sol préparé par labour classique.

Une étude de 6 ans a été réalisée à Coronation en vue de déterminer l'incidence du labour profond et de l'épandage d'engrais en solution. En régime de culture sèche, le labour profond a fait passer le rendement de fourrage d'environ 1568 kg/ha à 2094 en sol sous labour classique. En présence d'un apport d'eau de 7,6 cm, le labour profond a porté le rendement d'environ 2130 kg/ha à 3700 kg/ha. Ensemble, l'irrigation et la fertilisation ont produit des rendements annuels moyens d'environ 4145 kg/ha en labour classique et de 5150 kg/ha en labour profond.

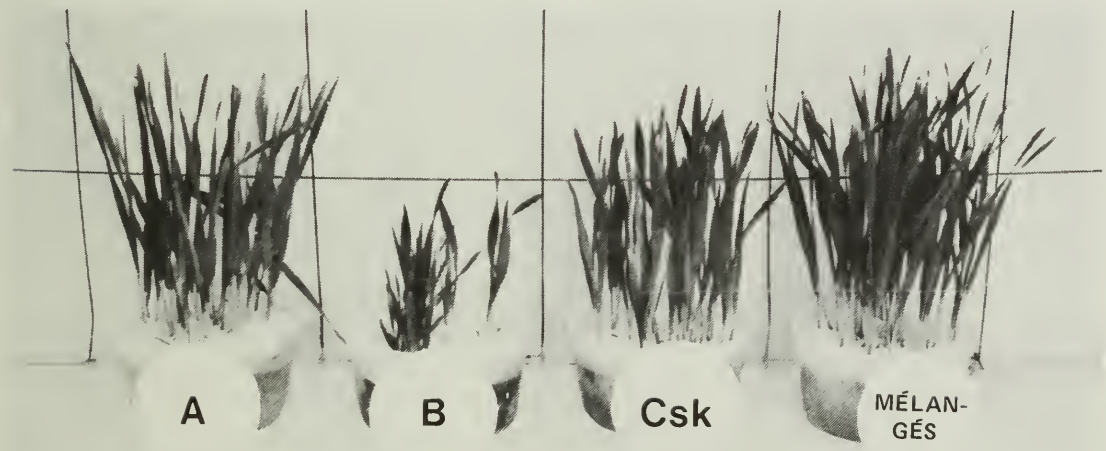



FIGURE 8. Essais en serre montrant la croissance de l'orge sur des échantillons de sol prélevés de divers horizons d'un sol solonetzique et sur une mélange à parts égales de ces horizons. Les résultats montrent un des effets du labour profond là où les horizons sont mélangés.

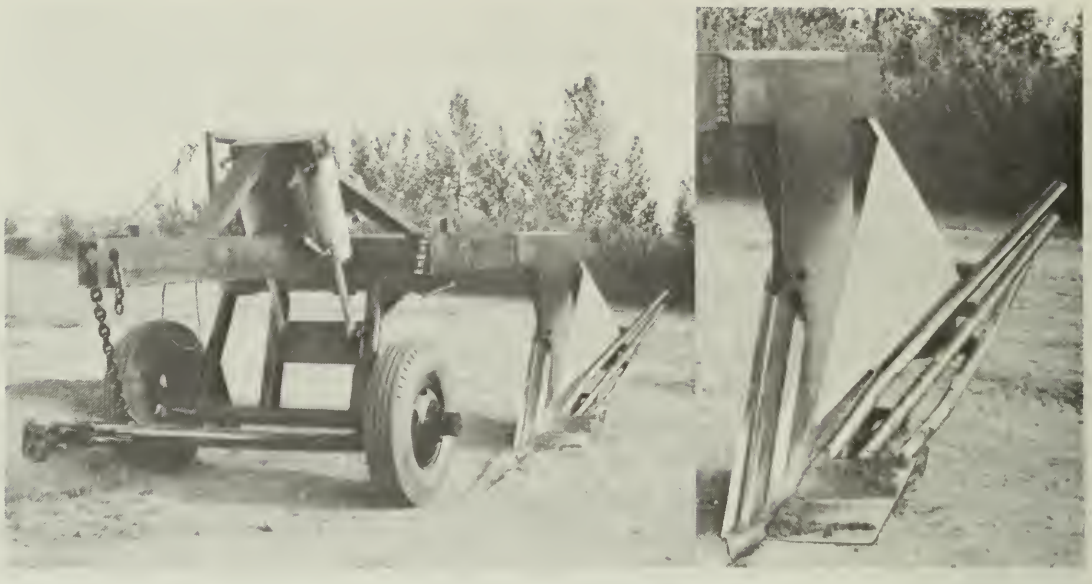


FIGURE 9. Charrue fabriquée en 1967, capable de mélanger complètement le sol même s'il contient des pierres ou des blocs enterrés.

## Explications des rendements améliorés

Les effets du labour profond varient selon les endroits étudiés. Nous avons recherché les causes de ces différences. La plupart des experts attribuent presque entièrement l'effet bénéfique du labour profond au lessivage des sels des couches supérieures du sol après le labour et pourtant, nos études ont révélé que le lessivage du sodium après le mélange du sol n'est pas nécessaire du point de vue nutritionnel. De fait, des travaux en serre ont montré que le lessivage atténue les effets favorables du mélange des horizons du sol sur les végétaux lorsque l'approvisionnement en eau est suffisant. Des études au champ ont révélé que le labour profond favorise une meilleure croissance, qu'il y ait ou non lessivage du sodium (tableau 16). Ainsi, dans un sol où beaucoup de sodium avait été lessivé des couches supérieures, le labour profond n'a donné lieu qu'à un accroissement des recettes moyennes d'environ $10/ha. Par contre, l'accroissement était généralement plus important à Leduc ou à Chipman où l'on constatait très peu de lessivage.

Des essais au champ, en serre et en laboratoire ont révélé que le labour profond a, sur les cultures, sensiblement le même effet qu'un apport d'azote. Cet effet tient probablement au relèvement du pH du sol provoqué par l'arrivée de carbonate de calcium de l'horizon C dans l'horizon A. Le pH, pratiquement neutre, contenu dans les horizons mélangés, contrairement au pH généralement faible de l'horizon A favorise beaucoup plus l'activité microbienne, en particulier, celle des micro-organismes fixateurs d'azote, symbiotiques ou non.

Le labour profond favorise aussi une plus grande disponibilité de l'eau qui intensifie à son tour l'activité radiculaire en-dessous de

TABLEAU 15 Résultat du labour profond sur la productivité de divers sols solonetziques en Alberta, mesuré par les recettes brutes annuelles tirées des divers traitements

| | | | | | Recettes brutes annuelles moyennes ($/ha)* | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | Labour classique | | Labour profond | |
| Endroit | Sol | Emplacement n° | Nombre d'années de culture | Cultures# | Non fertilisé | Fertilisé@ | Non fertilisé | Fertilisé@ |
| Chipman | Loam limoneux | 1 | 5 | BG1, H4 | 84 | 178 | 133 | 193 |
| | Duagh | 2 | 1 | B1 | 143 | 222 | 314 | 487 |
| Coronation | Loam Hemaruka | 1 | 5 | B2, H3 | 109 | 131 | 126 | 124 |
| | | 2 | 7 | B1, H6 | 64 | 143 | 101 | 190 |
| | | 3 | 6 | H6 | 52 | 96 | 69 | 128 |
| | | 4 | 2 | B2 | 74 | — | 185 | — |
| | | 5 | 1 | W1 | 168 | — | 215 | — |
| Enchant § | Loam Hemaruka | | 1 | W1 | 217 | 230 | 249 | 301 |
| Fleet | Loam Halkirk | | 1 | H1 | 54 | 91 | 121 | 136 |
| Halkirk | Loam Halkirk | | 2 | O1, H1 | 74 | — | 124 | — |
| Hanna | Loam Sunnynook | | 2 | OG1 | 89 | — | 153 | — |
| Lamont | Loam limoneux Duagh | | 3 | B1, H2 | 35 | 94 | 79 | 131 |
| Leduc | Loam Kavanagh | 1 | 6 | B1, H5 | 47 | 111 | 89 | 156 |
| | | 2 | 4 | OBW4 | 116 | 170 | 175 | 198 |
| Legal | Loam Camrose | | 3 | BG1, H2 | 40 | 121 | 124 | 227 |
| Vegreville | Loam limoneux | 1 | 6 | B1, H5 | 62 | 94 | 72 | 146 |
| | Duagh | 2 | 11 | W3, B2, O2, H4 | 175 | — | 205 | — |
| Viking | Loam Torlea | | 3 | B1, H2 | 52 | 52 | 119 | 128 |

*Le blé, l'orge et l'avoine ont été respectivement évalués à $130, $100 et $60/t, contre $33/t pour le foin ou le fourrage en vert.
#BG1, H4 désigne l'orge cultivée comme fourrage en vert pendant 1 an, suivie de 4 ans de foin; B1 désigne l'orge pendant 1 an; B2, H3 désigne l'orge pendant 2 ans et le foin pendant 3 ans; OG1 désigne l'avoine comme fourrage en vert pendant 1 an; OBW4 désigne un mélange d'avoine, d'orge et de blé pendant 4 ans; W3, B2, O2 et H4 désignent respectivement 3 ans de blé, 2 ans d'orge, 2 ans d'avoine et 4 ans de foin.
@Application annuelle en pleine surface de N, 158 kg/ha, $P_2O_5$, 137 kg/ha et $K_2O$, 168 kg/ha, sauf à l'emplacement n°3 de Coronation où on a utilisé du 34-0-0 à raison de 448 kg/ha. Ces données veulent faire ressortir la ressemblance entre l'action de la nutrition végétale et celle du labour profond. Les traitements ne visaient pas la rentabilité, mais uniquement à assurer une nutrition adéquate. On peut en effet obtenir le même résultat sur les cultures à la plupart des endroits avec des doses beaucoup plus faibles. C'est pourquoi les coûts des engrais et des pratiques de gestion n'entrent pas dans le calcul des recettes.
§Cultures irriguées

l'horizon A. Les recherches ont révélé que des cultures fertilisées ou des cultures installées sur labour profond transportent plus d'eau et ce, à une plus grande profondeur que les cultures non fertilisées ou installées sur labour classique. Cet effet additionnel de la fumure ou du labour est courant et montre bien que les plantes cultivées en sols solonetziques non fertilisés ou sur labour classique n'ont pas la vigueur nécessaire à une bonne pénétration des racines. L'horizon B induré oppose un obstacle physique à cette pénétration, mais comme l'irrigation sans fumure peut en fait abaisser la productivité de ces sols, une alimentation adéquate devient la principale condition de productivité, suivie par la disponibilité de l'eau.

## Rapport calcium/sodium

Bien que le lessivage du sodium ne soit pas nécessairement un facteur important de la nutrition végétale, toutes les recherches confirment qu'il contribue à améliorer les propriétés physiques du sol. Le sodium en effet détruit les propriétés du sol alors que le calcium les améliore. Le rapport idéal calcium/sodium échangeable devrait être supérieur à 10/1, mais même si ce rapport est important, l'introduction, même en sols non solonetziques, de solutions très diluées de sels de sodium entrave sérieusement la pénétration subséquente de l'eau dans le sol. La présence de sodium accroît la dureté du sol et lui fait perdre son état d'ameublissement. Un rapport calcium/sodium inférieur à 4/1 rend pratiquement impossible la préparation du lit de semences. Ces problèmes sont très graves en sols solonetziques à cause de leur texture fine. Une fois que la teneur en calcium des couches supérieures a été relevée et que le sodium a été lessivé, on a constaté à Vegreville qu'un loam limoneux Duagh labouré profondément possédait plus d'agrégats stables à l'eau, une plus faible résistance à l'émiettement et un taux d'infiltration plus élevé que le même sol labouré en surface.

## Durée de l'action bienfaisante

Il est actuellement impossible de prédire avec précision la durée des effets bienfaisants du labour profond. À Vegreville, les effets sur la productivité et l'état des sols ont persisté pendant 16 ans sur loam limoneux Duagh et s'observent encore à plusieurs autres endroits 9 ans après le labour. Rien n'indique que les sols reviennent à leur état premier.

## Méthode de prédiction des avantages du labour profond

On cherche actuellement une méthode de diagnostic simple pour prédire les effets du labour profond. Pour les sols étudiés, on a pu

établir que, moins l'horizon B est productif ou plus la résistance à la pénétration des racines est grande, plus le sol réagit favorablement au labour profond. Par exemple, l'horizon B du loam limoneux Duagh était aussi productif que l'horizon A, de sorte que l'accroissement du rendement relatif obtenu par le labour profond a été un peu moindre qu'à d'autres endroits. Les céréales n'ont pas très bien réagi au labour profond à Vegreville, mais ont donné de meilleurs rendements à plusieurs autres endroits, notamment à Leduc. Les rendements obtenus en zones de labour ordinaire et profond dépendaient de l'adaptation des espèces végétales, des conditions saisonnières et de la productivité originale de l'emplacement.

## Profondeur du labour

La profondeur du labour nécessaire pour obtenir les avantages réalisables dépend, dans une large mesure, de l'épaisseur des divers horizons du sol. La charrue devrait pénétrer l'horizon C à une profondeur suffisante pour produire un mélange à parts égales des horizons A, B et C. Les sols possédant des horizons A et B d'une profondeur d'environ 15 cm chacun devraient être labourés à environ 45 cm. En règle générale, le labour devrait être de 40 à 60 cm, mais à moins de 40 cm et à plus de 15 cm, il peut effectivement endommager le sol. En effet, s'il ne ramène pratiquement rien de l'horizon C dans les horizons A et B, le sol se durcit et devient improductif. À Vegreville, le labour, à une profondeur de 36 cm, a causé pendant 5 ans des pertes annuelles moyennes d'environ $12/ha. En revanche, le labour trop profond peut également poser des problèmes. L'emploi d'une très grosse charrue spécialement conçue a, dans plusieurs cas, provoqué un labour trop profond qui ramenait une trop grande partie de l'horizon C en surface, diluant d'autant l'horizon A originel. On utilise maintenant une charrue ordinaire renforcée (fig. 10), sauf en terrain très pierreux. En général, les pierres enterrées ne constituent pas un problème en sols alluviaux (lacustres), mais rendent difficile le travail en sols glaciaires (till).

Il est parfois difficile de préparer un bon lit de semences la première année après le labour, mais l'état d'ameublissement du sol s'améliore graduellement par l'action du temps et des cultures. On cherche actuellement, en collaboration avec le ministère de l'Agriculture de l'Alberta, à mettre au point une charrue qui laisse en place une plus grande partie de la terre de surface naturelle et on essaie de déterminer si cette méthode éliminera le problème de la préparation du lit de semences.

TABLEAU 16 Teneur en sodium d'un sol solonetzique mesuré par les méthodes des extraits de saturation (1972) après labour profond

| Endroit | Sol | Année du labour | Profondeur* cm | Teneur en sodium soluble (meq/100 g) Labour normal | Labour profond |
|---|---|---|---|---|---|
| Chipman | Loam limoneux Duagh | 1966 | 0-9 | 2,99 | 4,82 |
| | | | 9-25 | 5,21 | 7,20 |
| Coronation | Loam Hemaruka | 1967 | 0-15 | 2,41# | 1,08# |
| | | | 15-30 | 4,90# | 5,89# |
| Leduc | Loam Kavanagh | 1966 | 0-9 | 1,34 | 1,80 |
| | | | 9-25 | 3,49 | 2,89 |
| Vegreville | Loam limoneux Duagh | 1959 | 0-13 | 2,84 | 0,84 |
| | | | 13-25 | 7,05 | 2,37 |
| Viking | Loam Torlea | 1966 | 0-9 | 2,84 | 0,96 |
| | | | 9-25 | 6,32 | 2,34 |

*Désigne la profondeur des horizons A et B du sol non labouré et les profondeurs comparables en sol labouré en profondeur.
#Teneur en sodium soluble mesurée en extraits sol-eau de 1/5

## Coût du labour profond

Il est difficile d'évaluer le coût du labour puisque les superficies labourées sont généralement de peu d'étendue et nécessitent de nombreux virages. En 1972, des études économiques ont été entreprises en collaboration avec le ministère de l'Agriculture de l'Alberta. Près de Hanna, le labour à 56-61 cm au moyen d'une très grosse charrue traînée par un tracteur Caterpillar D-8 a coûté $49/ha. À Leduc, un autre labour à 46 cm au moyen d'une charrue renforcée et d'un tracteur de 108,2 kW à quatre roues motrices a coûté $42/ha (fig. 11). À Chipman, le coût d'un labour de 2 et 4 ha, au moyen de tracteurs agricoles semblables, à des tarifs de location de $10/ha, s'est élevé à environ $37/ha. Les coûts ont largement varié et ont suivi la tendance inflationniste.

## Autres modes de mélange des horizons du sol

Comme autre solution, on a étudié la technique du sous-solage au chisel à une profondeur de 56 cm. Des prairies de fauche fertilisées au nitrate d'ammonium (34-0-0), à raison de 224 kg/ha par année après le sous-solage, ont rapporté des recettes annuelles moyennes de $74/ha pendant 15 ans, chiffres qu'on peut comparer aux $67/ha tirés des prairies fertilisées sur loam limoneux Duagh non travaillé en profondeur. Sans apport d'engrais, les recettes annuelles ont été de $2 et $22/ha respectivement en sols défoncé et non défoncé.

On a aussi conçu, à partir d'un vieil instrument à versoirs, une charrue capable de retourner une tranche de sol. L'instrument a permis d'accroître les rendements, mais a nécessité autant de puissance de traction que la charrue à labour profond. On n'a pas encore trouvé de méthode de mélange des horizons susceptible de concurrencer la charrue spéciale.

FIGURE 10. Charrue ordinaire modifiée et renforcée, pouvant labourer à une profondeur de 56 cm

## IRRIGATION

Il existe, dans les districts d'irrigation de l'Alberta, de grandes zones de sols solonetziques considérées comme non irrigables en raison des risques de salinisation. Des études ont été entreprises en collaboration avec le ministère de l'Agriculture de l'Alberta en vue de déterminer si ces zones pouvaient être irriguées. Il est pratiquement certain, d'après des études effectuées ailleurs et nos connaissances générales de ce type de sol, que l'irrigation par submersion ne conviendrait pas. Les travaux actuels portent sur l'emploi combiné de l'irrigation par aspersion avec des pratiques d'amélioration du sol mises au point en système de culture sèche. Deux de ces méthodes sont le labour profond et la fumure azotée.

À Enchant, dans le sud de l'Alberta, on a effectué une étude comportant les traitements suivants: irrigation seule, irrigation et fumure azotée, irrigation et labour profond, et irrigation, fumure azotée et labour profond. On a appliqué de l'eau pendant toute la saison de végétation en fonction des besoins en eau déterminés par tensiomètre. On a épandu en surface, chaque printemps, du nitrate-phosphate d'ammonium (34-17-0), à raison de 336 kg/ha/an qu'on a ensuite enterré par discage. Les rendements moyens de la luzerne, pendant 2 ans pour les quatre régimes d'irrigation, ont été, dans l'ordre, de 4298, 5095, 5488 et 6489 kg/ha par année. Aucun peuplement n'a pu prendre dans les terrains non irrigués. Même si ces résultats sont encourageants du point de vue rendement, l'irrigation des sols solonetziques devrait encore être considérée comme très aléatoire. Les risques de salinisation sont grands et il faudra poursuivre les études pendant au

FIGURE 11. Labour d'un sol solonetzique à une profondeur de 50 cm au moyen d'un tracteur à quatre roues motrices

moins 3 ans avant de pouvoir évaluer convenablement les effets probables à long terme de l'irrigation sur la distribution des sels dans ces sols.

## RÉSUMÉ

Les sols solonetziques se caractérisent par une mince couche de terre de surface (horizon A) et par un horizon B structuré, massif et colonnaire, recouvrant une couche de sels de chaux (horizon C). Ce dernier commence souvent à une profondeur de 30 à 48 cm sous la surface du sol. Les façons culturales suivantes se sont avérées utiles pour accroître la productivité de ces sols:

- Exécuter un drainage superficiel.
- Travailler le sol lorsqu'il est assez sec pour ne pas être plastique mais pas trop sec pour former une croûte dure.
- Travailler le sol à la profondeur de l'horizon A, sauf là où le labour profond sert à améliorer le sol.
- Semer tôt dans la saison et, si possible, placer les semences en contact avec l'humidité. Ne pas semer trop profondément les graines fines de graminées et de légumineuses.
- Semer les plantes couramment cultivées dans les sols non solonetziques géographiquement associés, sauf la luzerne qui ne vient pas bien en sols solonetziques minces.
- Les sols solonetziques présentant une terre de surface de plus de 15 cm de profondeur peuvent être exploités en céréaliculture. Ceux qui en possèdent moins de 15 cm et plus de 7,5 cm devraient être exploités selon un assolement céréales-herbages. Finalement, ceux qui ont moins de 7,5 cm de terre de surface se prêtent mieux à la production d'herbages fertilisés.
- Ces sols manquent généralement d'azote de sorte qu'on recommande l'utilisation d'engrais riches en azote, comme le 26-13-0 pour les céréales et les 34-0-0 pour les herbages. L'analyse du sol permettra de découvrir d'autres carences possibles en éléments nutritifs et à planifier un programme de fumure.
- Éviter les engrais contenant du soufre.
- Stimuler les productions végétales par l'emploi d'engrais azotés qui améliorent le sol.
- Le labour profond est une pratique d'amélioration qui s'est avérée généralement efficace. Il pose parfois des problèmes de préparation du lit de semences à cause du faible rapport calcium/sodium de la couche de sels de chaux. Labourer à une profondeur suffisante pour ramener une partie importante de cet horizon

dans les couches supérieures du sol.

- L'horizon superficiel des sols solonetziques est souvent acide et l'épandage de chaux agricole et d'azote permet de neutraliser cette acidité.
- Utilisé seul, le gypse est nuisible aux cultures mais, combiné au nitrate d'ammonium, il a permis d'améliorer un sol solonetzique très dur à Coronation (Alb.).
- Les sols solonetziques sont généralement non irrigables, mais on a entrepris des études pour trouver une méthode d'irrigation susceptible de donner de bons résultats durables.

## REMERCIEMENTS

Je voudrais rendre hommage au regretté M. W.E. Bowser, co-auteur de la première version du présent ouvrage, et remercier mes collègues de l'université d'Alberta, le Conseil de recherches d'Alberta, la province d'Alberta, Agriculture Canada et les nombreux agriculteurs qui nous ont permis d'utiliser leur terre et leurs installations. Sans leur collaboration, il aurait été impossible d'effectuer les innombrables expériences qui ont fourni la documentation de base à cette publication. Je voudrais également remercier mon technicien, I.W. Cowan, qui a bien voulu faire la relecture du texte, ainsi que tout le personnel de la sous-station de Vegreville pour sa précieuse collaboration.

R.R. Cairns

## FACTEURS DE CONVERSION VERS LE SYSTÈME MÉTRIQUE

| Unités impériales | Facteur de conversion | Résultat en: | |
|---|---|---|---|
| **MESURES DE LONGUEUR** | | | |
| pouce | x 25 | millimètre | (mm) |
| pied | x 30 | centimètre | (cm) |
| verge | x 0,9 | mètre | (m) |
| mille | x 1,6 | kilomètre | (km) |
| **MESURES DE SURFACE** | | | |
| pouce carré | x 6,5 | centimètre carré | ($cm^2$) |
| pied carré | x 0,09 | mètre carré | ($m^2$) |
| acre | x 0,40 | hectare | (ha) |
| **MESURES DE VOLUME** | | | |
| pouce cube | x 16 | centimètre cube | ($cm^3$) |
| pied cube | x 28 | décimètre cube | ($dm^3$) |
| verge cube | x 0,8 | mètre cube | ($m^3$) |
| once liquide | x 28 | millilitre | (mL) |
| chopine | x 0,57 | litre | (L) |
| pinte | x 1,1 | litre | (L) |
| gallon | x 4,5 | litre | (L) |
| **MESURES DE POIDS** | | | |
| once | x 28 | gramme | (g) |
| livre | x 0,45 | kilogramme | (kg) |
| tonne courte (2000lb) | x 0,9 | tonne | (t) |
| **MESURE DE TEMPÉRATURE** | | | |
| degrés Fahrenheit | (°F-32) x 0,56 ou (°F-32) x 5/9 | degrés Celsius | (°C) |
| **MESURE DE PRESSION** | | | |
| livre au pouce carré | x 6,9 | kilopascal | (kPa) |
| **MESURE DE PUISSANCE** | | | |
| horsepower* | x 746 | watt | (W) |
| | x 0,75 | kilowatt | (kW) |
| **MESURES DE VITESSE** | | | |
| pied à la seconde | x 0,30 | mètre à la seconde | (m/s) |
| mille à l'heure | x 1,6 | kilomètre à l'heure | (km/h) |
| **MESURES AGRAIRES** | | | |
| gallon à l'acre | x 11,23 | litre à l'hectare | (L/ha) |
| pinte à l'acre | x 2,8 | litre à l'hectare | (L/ha) |
| chopine à l'acre | x 1,4 | litre à l'hectare | (L/ha) |
| once liquide à l'acre | x 70 | millilitre à l'hectare | (mL/ha) |
| tonne à l'acre | x 2,24 | tonne à l'hectare | (t/ha) |
| livre à l'acre | x 1,12 | kilogramme à l'hectare | (kg/ha) |
| once à l'acre | x 70 | gramme à l'hectare | (g/ha) |
| plants à l'acre | x 2,47 | plants à l'hectare | (plants/ha) |

*Le horsepower est une unité différente du cheval-vapeur.
Le signe décimal est une virgule.

LIBRARY / BIBLIOTHEQUE
AGRICULTURE CANADA OTTAWA K1A 0C5
3 9073 00020790 4